

Ziele, Aufgaben und Konzepte der Produktionsprogrammplanung

**Seminarvortrag zum Seminar
- Industriebetriebslehre III -**

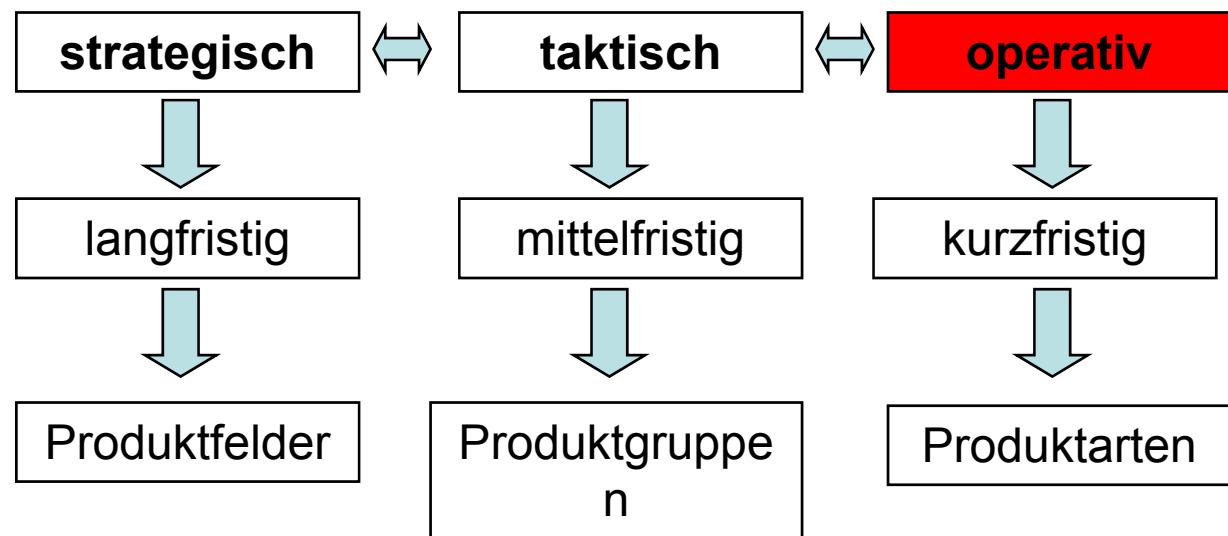


Die Vorgehensweise.

- 1. Einführung**
- 2. Grundmodell der Programmplanung**
- 3. Kapazitierte Produktionsprogrammplanung**
- 4. Produktionsprogrammplanung in der Praxis**
- 5. Fazit**



Einführung – Abgrenzung der Begriffe



Gegenstand der Produktionsprogrammplanung ist die zielorientierte Festlegung, welche **Produkte** in welchen **Mengen** unter Einsatz welcher **Verfahren bzw. Technologien** in einem **bestimmten Planungszeitraum** herzustellen sind.



Kunden- und marktorientierte Programmbildung

marktorientiert

- Basiert auf Schätzungen des Absatzes
- Geeignet für standadisierte Produkte
- **Vorteile:** kurze Lieferzeiten, Gleichmäßigkeit der Produktion, Produktionsprozess ist wirtschaftlicher
- **Nachteile:** Prognoseprobleme, da Produktionsentscheidungen weit im Voraus getroffen werden müssen

kundenauftragsorientiert

- Basiert auf den bereits eingegangenen Kundenaufträgen
- Geeignet für spezialisierte, individualisierte Produkte
- **Vorteil:** Minimierung des Risikos der Schätzung
- **Nachteil:** Diskrepanz zwischen Einhaltung von Lieferfristen und Wirtschaftlichkeit der Produktion



Produktionsprogrammplanung im Konzept des PPS-Systems

Produktionsprogrammplanung

(aus Absatzprognose und Kundenaufträgen)

Materialbedarfsplanung

(Stücklisten, Losgrößen, Bestellmengen)

Zeit- und Kapazitätsplanung

(Durchlaufterminierung, Kapazitätsabgleich)

Produktionssteuerung

(Auftragsfreigabe, Maschinenbelegung, BDE)



Grundmodell der PPP

Lineare Produktionsprogrammplanung:
(Grundmodell mit Kapazitätsengpässen)

(1) Maximiere Deckungsbeitrag $Z = \sum d_j x_j$

unter den *Restriktionen* (Nebenbedingungen):

$$(2) \sum a_{sj} x_j \leq b_s, s = 1, \dots, S$$

$$(3) x_j \leq h_j, j = 1, 2, \dots, n$$

$$(4) x_j \geq u_j, j = 1, 2, \dots, n$$

und der *Nichtnegativitätsbedingung*:
 $x_j \geq 0$

Lösung über:

- grafische Lösung (2 Variablen)
- mit Hilfe des Simplex-Algorithmus (> 2 Variablen)



Aufgaben, Probleme und Ziele der Produktionsprogrammplanung

Maximierungsproblem

Beispiel Maximierungsproblem:

	Produkt A	Produkt B	
Stückerlös [€]	800	600	
Direkte Kosten [€]	400	300	
Deckungsbeitrag [€]	400	300	Monatliche Kapazität [Std.]
Fertigungszeit C pro Abteilung D [Std./Stck.] E	2 1 1	2 0 4	300 100 360



Maximierungsproblem

- Maximiere $Z = 400 x_A + 300 x_B$!
- Nebenbedingungen:

$$2x_A + 2x_B \leq 300$$

$$1x_A \leq 100$$

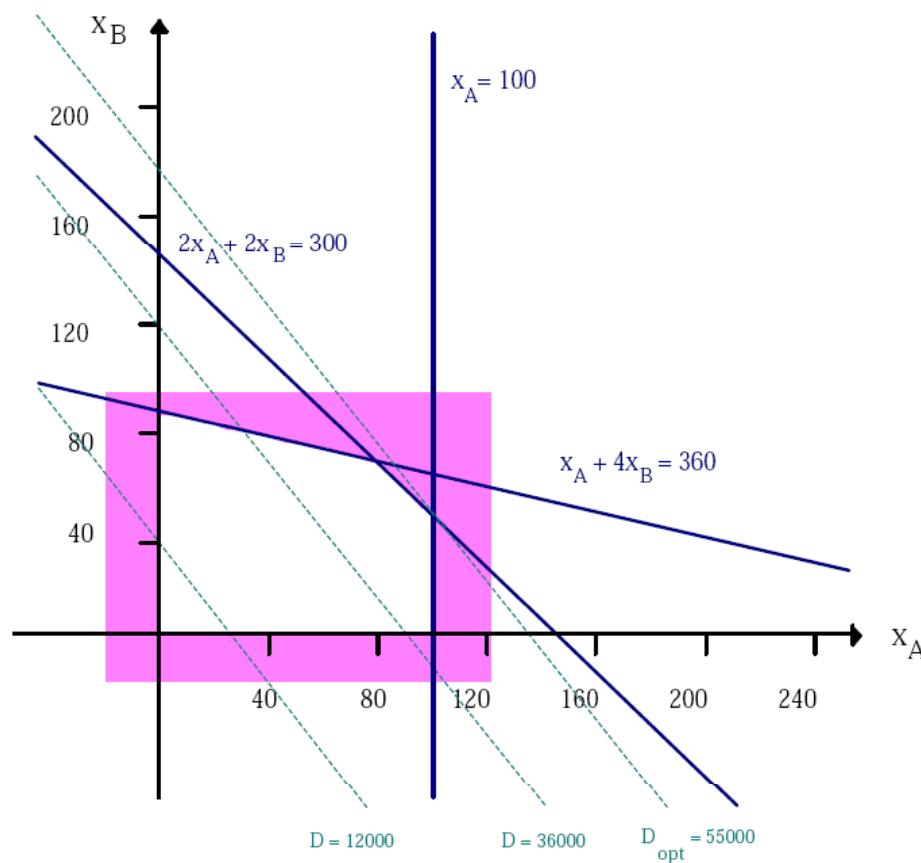
$$1x_A + 4x_B \leq 360$$

$$x_A \geq 0, x_B \geq 0$$



Maximierungsproblem

- Grafische Lösung:





Maximierungsproblem

- Lösung mittels Simplex-Algorithmus

Ausgangstableau:

Tab. 0	x1	x2	y1	y2	y3	RS
	-400	-300	0	0	0	0
	2	2	1	0	0	300
	1	0	0	1	0	100
	1	4	0	0	1	360



Aufgaben, Probleme und Ziele der Produktionsprogrammplanung

Maximierungsproblem

- Lösung mittels Simplex-Algorithmus

Tab. 1	x1	x2	y1	y2	y3	RS
	0	-300	0	400	0	40000
	0	2	1	-2	0	100
	1	0	0	1	0	100
	0	4	0	-1	1	260



Maximierungsproblem

- Lösung mittels Simplex-Algorithmus

Tab. 2	BV	BV	NBV	NBV	BV	
	x1	x2	y1	y2	y3	RS
	0	0	150	100	0	55000
	0	1	0.5	-1	0	50
	1	0	0	1	0	100
	0	0	-2	3	1	60

Maximale Deckungsbeitragssumme bei $D_{opt} = 55000 \text{ €}$ mit den Produktionszahlen $x_{Aopt} = 100$ und $x_{Bopt} = 50$ Stück



Grundmodell der PPP

- Anwendbar bei einem geringen Planungsaufwand und einer nicht zu komplexen Planungsstruktur (Standardisierte Massenproduktion), sowie bei kleinen Entscheidungsmodellen
- Ergebnis: Kenntnis der genauen Fertigungsaufträge für Endprodukte und die Aufträge für die wichtigsten fremd gefertigten Vor- und Zwischenprodukte (Master Production Schedule)



Grundmodell der PPP

- Problematik: Auswahl eines geeigneten Prognoseverfahrens und eines sinnvoll gewählten Lösungsverfahrens (unter Beachtung ob es einen Engpass gibt oder nicht etc.)
- Nachteil: bei einer relativ großen Anzahl von Produktarten und Planperioden wird die Menge der entscheidenden Modellparameter so hoch, dass der Aufwand der Datenbeschaffung und der Datenpflege in der Praxis kaum zu beherrschen ist



Kapazitierte Produktionsprogrammplanung

- Kapazitierte Produktionsprogrammplanung besitzt 2 Stufen:
 - Beschäftigungsglättung (aggregierte Gesamtplanung), d.h. Ausgleich der Kapazitätsbeanspruchung über das Jahr. Die mittelfristigen Überlegungen erfolgen auf aggregiertem Niveau (Produktgruppen, Monatsbasis) unter Verwendung von Nachfrageprognosen
 - Kapazitierte Hauptproduktionsprogrammplanung (master production schedule), d.h. kurzfristige detaillierte Festlegung der konkreten Produktmengen in den einzelnen Perioden (Hauptprodukte auf Wochenbasis) unter Verwendung der Vorgabe der Beschäftigungsglättung und detaillierter Nachfrageprognosen



Beschäftigungsglättung

- Beschäftigungsglättung: Zeitliche Abstimmung der Produktions- und Nachfragemenge, etwa durch den Einsatz von Überstunden, Kurzarbeit oder Fremdvergabe
- Anwendungsbereich:
 - Serienproduktion
 - Auftragsbezogene Einzelproduktion
 - Kriterium: schwankende Nachfrage



Beschäftigungsglättung

- Mittelfristiger Produktionsplan für Produkttypen und Gruppen von Arbeitssystemen
- Planungshorizont beträgt 6-12 Monate, Planungsintervall 1 Monat – 1 Quartal
- Aggregierte Nachfrageprognosen und aggregierte Kapazitäten werden verwendet

Als Ergebnis der Beschäftigungsglättung erhält man die Mengen der verschiedenen Produktgruppen, die in den einzelnen Planungsperioden in den verschiedenen Produktionsstätten zu fertigen sind



Beschäftigungsglättung

Formen der zeitlichen Abstimmung von Produktions- und Nachfragemenge:

- Extremformen: Synchronisation und Emanzipation
- Ziel: Optimale Kombination von Lagerung und Überstunden



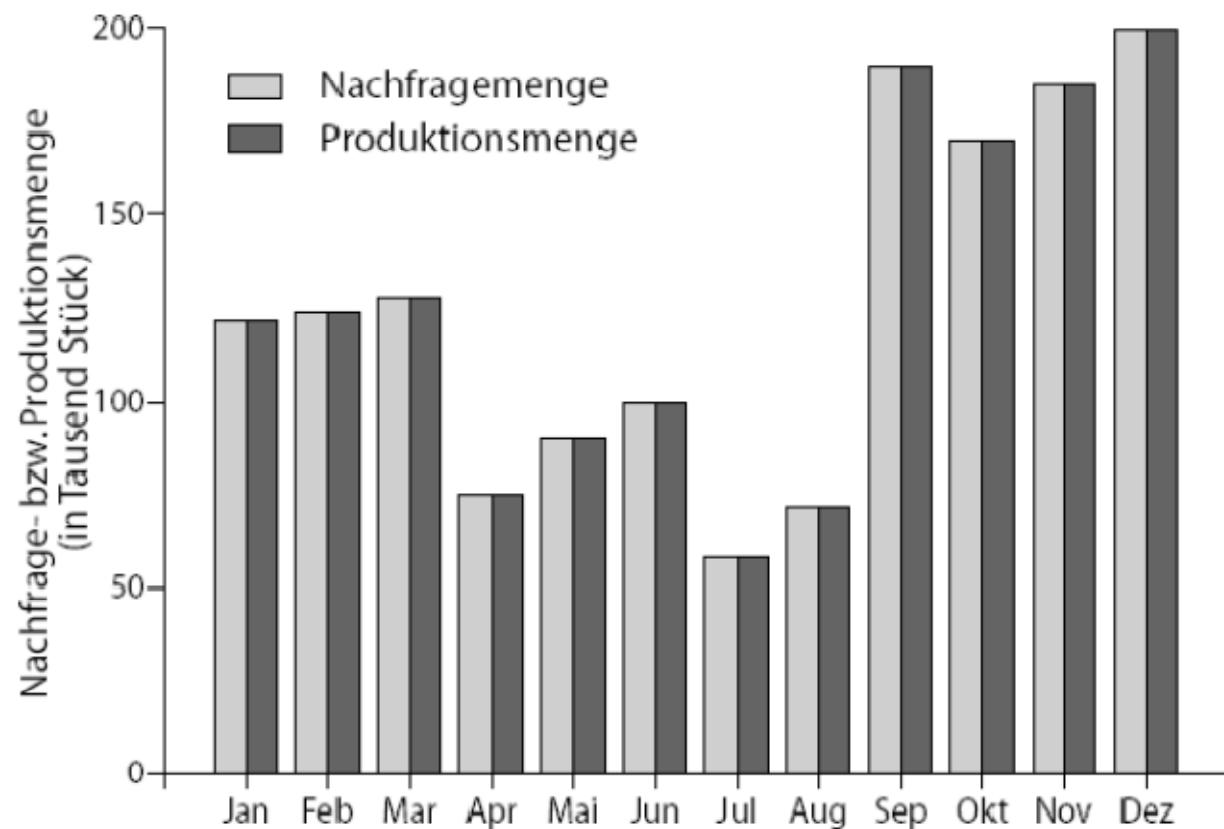
Beschäftigungsglättung

- Synchronisation:
- Produktionsmenge = Produktionsnachfragemenge im Zeitablauf
- Erfordert ein hohes Maß an technischer und personeller Produktionskapazität bei unerwartet hoher Periodennachfrage
- Vorteile: keine Lagerkosten für die Lagerhaltung
- Nachteile: hohe Fertigungsstückkosten (Überstunden Personal)
Produktion bei nicht kostenminimaler Intensität



Aufgaben, Probleme und Ziele der Produktionsprogrammplanung

Beschäftigungsglättung



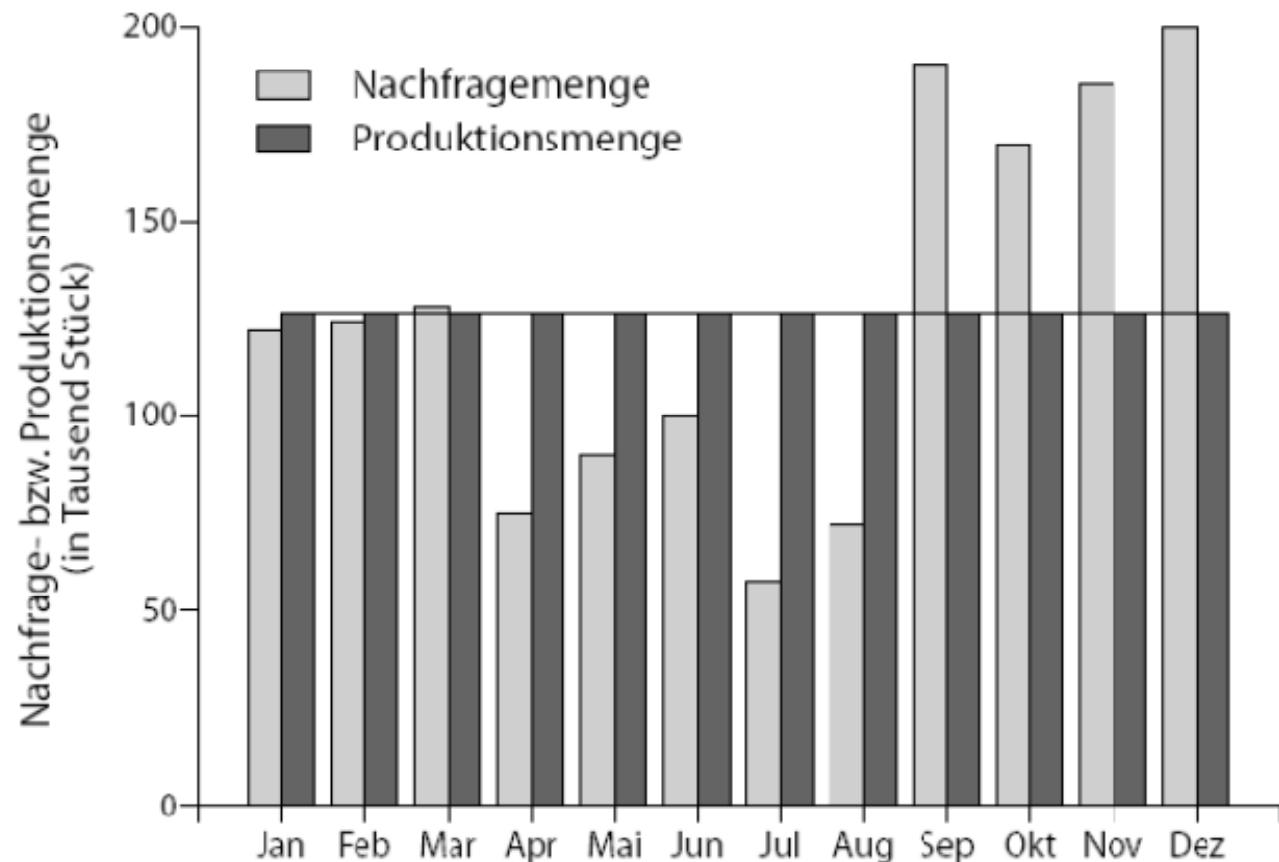


Beschäftigungsglättung

- Emanzipation:
- Produktionsmenge bleibt im Zeitablauf konstant
- Kapazität der Produktion richtet sich nach der optimalen Intensität
- In nachfragearmen Perioden wird vorproduziert
- Vorteile: Produktion bei kostenoptimaler Intensität
- Nachteile: Lagerkosten und daraus resultierende Folgekosten sowie auftretende Fehlmengen



Beschäftigungsglättung





Beschäftigungsglättung

Formen der produktiven Abstimmung von Produktions- und Nachfragemenge:

- Zur Vermeidung von Kapazitätsengpässen kann nicht nur vorproduziert, sondern auch Zusatzkapazität in Anspruch genommen werden
- Zusatzkapazität in Form von zusätzlichen Aggregaten, Überstunden, Zusatzzschichten, Lohnaufträgen



Beschäftigungsglättung

Modell AGGPLAN:

Zielfunktion: Minimiere $Z = \sum_{k \in K} \sum_{t=1}^T I_k L_{kt} + \sum_{t=1}^T u_t U_t$

Zielfunktion beinhaltet ein Minimierungsproblem, die Lagerkosten für Produkttyp k am Ende der Periode t sowie die Kosten der Zusatzkapazität sollen minimiert werden



Beschäftigungsglättung

- Nebenbedingungen:

$$X_{kt} + L_{k,t-1} - L_{kt} = d_{kt}$$

$$\sum_{k \in K} b_k X_{kt} \leq C_{\max t}$$

$$\sum_{k \in K} a_k X_{kt} - U_t \leq N_{\max t}$$

$$U_t \leq U_{\max t}$$

$$X_{kt}, L_{kt}, U_t \geq 0$$



Beschäftigungsglättung

Variable:

L_{kt} Lagerbestand von k am Ende von t

U_t Zusatzkapazität in t

X_{kt} Produktionsmenge von k in t

Konstante:

$C \max_t, N \max_t, U \max_t$ Techn.-, pers.-, Zusatzkapa. in t

a_k, b_k pers. Und techn. Prod.koeff.

d_{kt} Nachfrage nach k in t

U_t Kosten für Zusatzkapazität

I_k Lagerkosten GE/(ME*Perioden)



Beschäftigungsglättung

- Das Modell versucht einen Ausgleich zwischen den in der Vorproduktion verursachten Lagerkosten und den während der Produktion zusätzlich anfallenden Produktionskosten, z. B. durch Mehrbeschäftigung zu schaffen
- Lösung des Modells mit Hilfe der linearen Optimierung möglich
- APS-Systeme können das Problem ebenfalls lösen



Hauptproduktionsprogrammplanung

- Kapazitierte Hauptproduktionsprogrammplanung: Abstimmung der Produktionsplanung mit der vorhandenen Kapazität im Anschluss an die Beschäftigungsglättung sowie Anpassung der Belastung an die Kapazität bzw. umgekehrt
- Kurzfristiges Hauptproduktionsprogramm für Endprodukte
- Verwendet detaillierte Nachfrageprognosen, detaillierte Kapazitäten und aktuelle Lagerbestände
- Planungshorizont beträgt mehrere Wochen
- Ziel: Minimierung der relevanten produktions-, lager- und ressourcenabhängigen Kosten unter der Nebenbedingung der Termintreue



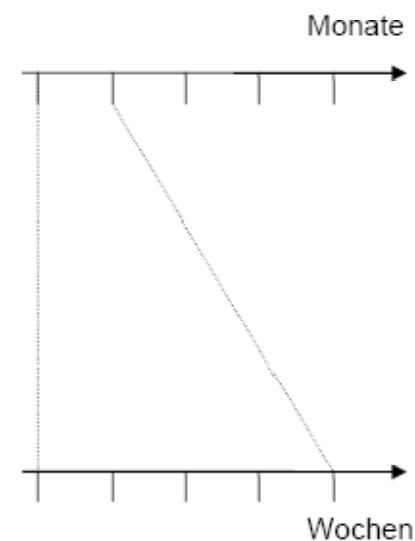
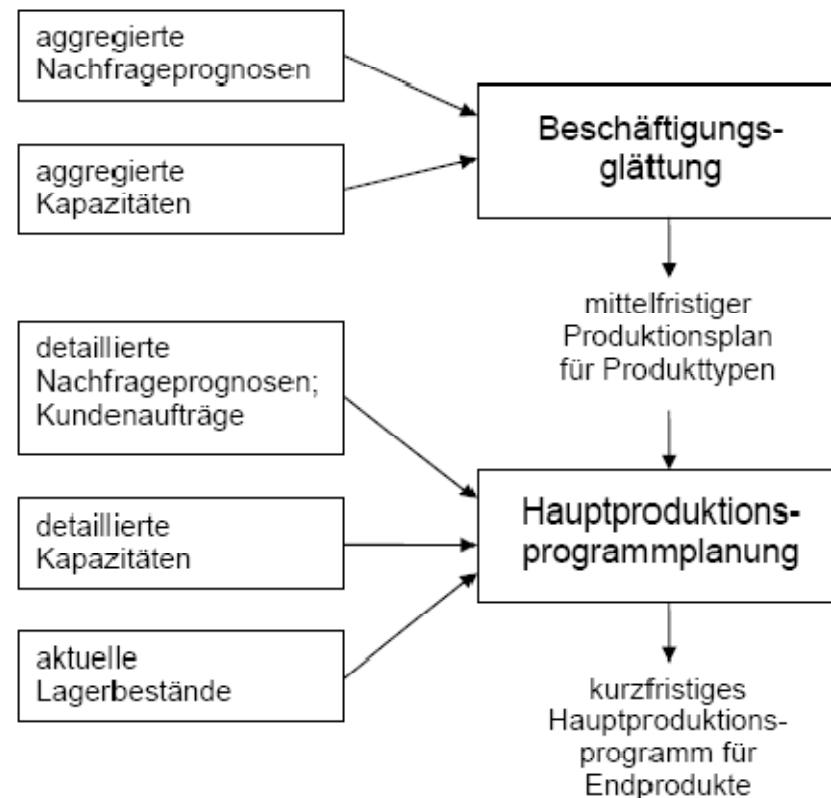
Hauptproduktionsprogrammplanung

- Berücksichtigung knapper Kapazitäten durch Anpassung der Kapazität an die Belastung oder umgekehrt
 - Anpassung der Kapazität an die Belastung durch flexible Arbeitszeitregelungen, Überstunden oder das Heranziehen von Ersatzkapazitäten
 - Anpassung der Belastung an die Kapazität durch Auswärtsvergabe, Losverschiebung oder Losteilung

Ergebnis der Hauptproduktionsprogrammplanung ist der MPS, in welchem die genauen Fertigungsaufträge für Endprodukte und Aufträge für die wichtigsten fremd gefertigten Vor- und Zwischenprodukte enthalten sind



Hauptproduktionsprogrammplanung





Hauptproduktionsprogrammplanung

Modell HPPLAN:

Zielfunktion: Minimiere $Z = \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K l_k L_{kt} + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J u_t U_{jt}$

Die Zielfunktion beinhaltet die Minimierung der Lagerkosten und der Kosten der Zusatzkapazität



Hauptproduktionsprogrammplanung

- Nebenbedingungen:

$$X_{kt} + L_{k,t-1} - L_{kt} = d_{kt}$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{z=0}^{Z_k} f_{j kz} X_{k,t+z} - U_{jt} \leq b_{jt}$$

$$U_{jt} \leq U_{\max jt}$$

$$X_{kt}, L_{kt}, U_{jt} \geq 0$$



Hauptproduktionsprogrammplanung

Variable:

U_{jt} **Genutzte Zusatzkapazität im Segment j in t**

y_{kt} **Lagerbestand von Produkt k am Ende von t**

X_{kt} **Produktionsmenge von k in t**

Konstante:

b_{jt} **Produktionskapazität im Segment j in t**

d_{kt} **Nachfrage nach k in t**

f_{jkz} **Kapazitätsbelastung durch Produkt k im Segment j in Vorlaufperiode z**

h_k **Lagerkostensatz für Produkt k GE/(ME*Perioden)**

$U_{\max_{jt}}$ **maximale Zusatzkapazität im Segment j in t**

u_t **Kosten für Zusatzkapazität**



Hauptproduktionsprogrammplanung

- Zusätzlich ist ein Kapazitätsabgleich notwendig:

Vorprodukteinheit von einem Endprodukt E, welches in der Vorlaufperiode 1-ZK produziert wird, hat eine so hohe Kapazitätsbelastung, dass dadurch in der Vergangenheit Kapazitätsengpässe bei der Produktion anderer Produkte auftreten können

$$\text{Kapazitätsrestriktion} \quad X_{A, t+1} - U_{2t} \leq b_{2t}$$

Kapazitätsbelastung von Vorprodukteinheit von E. Belastung wird der Produktion von Endprodukt A in der Periode t+1 zugerechnet.

Damit ist sichergestellt, dass sowohl Endprodukt A und E hergestellt werden können, ohne dass es zu Kapazitätsengpässen kommt



Hauptproduktionsprogrammplanung

- Der Unterschied zum Grundmodell besteht in der Aggregation der Produktionsleistung und dem zweistufigen Verfahren
- Die linearen Optimierungsmodelle werden lediglich zur Lösung von Teilproblemen eingesetzt
- Die Zielfunktion beinhaltet nicht die Maximierung des Deckungsbeitrags, sondern die Minimierung der relevanten Produktions-, Lager- und ressourcenabhängigen Kosten unter der Nebenbedingung einer termingerechten Erreichung der Produktionsziele



Hauptproduktionsprogrammplanung

- Vorteile des Verfahrens:
 - Mit relativ geringem Planungsaufwand können sinnvolle Produktionspläne erstellt werden
 - Vorhandene Kapazitäten werden berücksichtigt, eventuell auftretende Engpässe werden bei der aggregierten Planung erkannt, sodass rechtzeitig Anpassungsmaßnahmen durchgeführt werden können



Hauptproduktionsprogrammplanung

- Nachteile des Verfahrens:
 - Gesamte Produktionsmenge wird aus der Nachfrage abgeleitet, ohne zu prüfen, ob dies betriebswirtschaftlich sinnvoll ist
 - Keine Berücksichtigung von Opportunitätskosten
 - Ergebnis der Planung ist nicht das deckungsbeitragsmaximale Produktionsprogramm



PPP in der Praxis

- Produktionsprogrammplanung erfolgt in klassischen PPS-Systemen häufig nach dem MRP II-Konzept
- In MRP II keine Implementierung von linearen Optimierungsmodellen
- Auftretende Abhängigkeiten zwischen Produktions- und Absatzplanung werden nicht berücksichtigt, obwohl die aggregierte Produktionsprogrammplanung gerade diese erfassen kann



PPP in der Praxis

- Der Primärbedarf ergibt sich bei PPS-Systemen aus Nachfrageprognosen und Kundenaufträgen, ohne eine Kapazitätsprüfung durchzuführen
 - Durch die Vernachlässigung der Produktionskapazitäten erzeugen PPS-Systeme praktisch nie realisierbare Produktionspläne
- => APS-Systeme als Erweiterung



PPP in der Praxis

- APS-System ist ein kapazitätsorientiertes Planungsmodul
- Implementierung mathematischer Optimierungsverfahren
- Material und Kapazität kann zumindest teilweise simultan und gegen begrenzt verfügbare Kapazitäten synchronisiert werden



Fazit

- Produktionsprogrammplanung ist als erster Schritt des PPS-Systems von besonderer Bedeutung, da alle anderen Teilpläne darauf aufbauen
- Zwei unterschiedliche Formen der Produktionsplanung:
Das einfache Grundmodell für standardisierte Produkte sowie das kapazitätsorientierte Modell, welches für kundenauftragsbezogene Produkte angewandt wird
- Primärbedarf ist mit Hilfe mathematische Optimierungsverfahren zu errechnen



Fazit

- In der Praxis bei klassischen PPS-Systemen erfolgt die Herleitung des Primärbedarfs häufig über heuristische Methoden
- APS-Systeme sind ein entscheidender Schritt zur Verbindung von Theorie und Praxis



Vielen Dank für Eure
Aufmerksamkeit!